

УДК 621.311

МОНИТОРИНГ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ВОЗДУШНОЙ ЛИНИИ, ОСНОВАННЫЙ НА ТЕМПЕРАТУРЕ ПРОВОДОВ

АГАХАНОВА КАМАЛЯ АБЫШ ГЫЗЫ

Сумгаитский государственный университет, ассистент

Kamalaagahanova@mail.ru

Ключевые слова: линия электропередачи, температура воздуха, интенсивность солнечного излучения, прозрачность атмосферы, средняя температура, сопротивление, потери мощности, пропускная способность линии

На линию электропередачи (ЛЭП) постоянно оказывают воздействие погодные условия. Температура окружающей среды, осадки, атмосферное давление, влажность, а также скорость и направление ветра являются важными параметрами, измерение которых необходимо для мониторинга погодных условий для ЛЭП. Знание текущей погодной ситуации вдоль линии электропередачи позволяет уменьшить количество отключений электроэнергии. Датчики и системы слежения за погодными условиями должны располагаться вдоль ЛЭП. Надежное и бесперебойное электроснабжение потребителей возможно лишь при внедрении эффективных мероприятий по мониторингу **погодных условий вдоль линий электропередачи**. Предлагается алгоритм моделирования температуры провода и параметров ЛЭП с учетом солнечного излучения путем деления на эквивалентные участки по высоте над уровнем моря и интенсивности радиации. Приведена блок-схема программы моделирования температуры провода. Для учета влияния реального состояния солнечного излучения, погодных условий и их влияния на ее параметры ЛЭП делится на участки по высоте над уровнем моря, интенсивности тепла солнечного излучения и ее направления, скорости и направления ветра. Приведены экранные формы разработанных программ. Результаты расчета демонстрируются на примерах.

Введение. ВЛ электропередачи в осенне-зимний период для предотвращения гололедных аварий и в летний период для более полного использования нагрузочной способности ВЛ. Использование аппаратуры мониторинга в летний период при высоких температурах воздуха и солнечной радиации может позволить более полно использовать нагрузочную способность ВЛ электропередачи, избежать или значительно уменьшить объем ограничения потребителей при больших токовых нагрузках на линии за счет контроля температуры провода и определения предельных токовых нагрузок для конкретных климатических условий. Возможны два основных способа: непосредственный и косвенный (расчетный).

Мониторинг и нагрузочная способность ВЛ электропередачи в экстремальных погодных условиях. При отсутствии данных о температуре провода она может быть рассчитана с помощью программы мониторинга ВЛ. Программа, кроме того, позволяет рассчитывать значения токовой нагрузки по условию механической прочности провода и не нарушения допустимых габаритов ВЛ при различных погодных условиях в том числе с учетом солнечной радиации. Программа позволяет рассчитывать изменение температуры провода и стрел провеса в динамике и определять допустимое время работы ВЛ при возникновении перегрузки проводов.

Системы мониторинга воздушных электросетей ЛЭП обеспечивают дополнительные функции, позволяя повысить эффективность передачи электроэнергии и уменьшить потери. Мониторинг не только обеспечивает повышение надежности транспорта электроэнергии, но

и способствует уменьшению расходов на обслуживание линий электропередачи за счет более оперативных и точных данных при локализации аварийных сегментов, а также прогнозирования проблемных ситуаций на трассе. Использование перспективных систем мониторинга воздушных электросетей в последнее время стало особенно актуальным в сечении ЛЭП 220-330-500кВ Азербайджанской ЭЭС, поскольку, во-первых, существенно возросла стоимость ущерба при крупных авариях, а во-вторых - в связи с уменьшением надежности энергосистем вследствие сильного износа как используемого оборудования, так и проводных линий.

В июне-августе месяцев года в связи с жаркой погодой и большой токовой нагрузкой на ВЛ 220-330-500кВ сечении Азербайджанской ЭЭС требуется ввод ограничений на нагрузки. Были проведены замеры фактических значений токовых нагрузок, температуры провода и воздуха и габаритов ВЛ в нескольких участках.

Превышение температуры проводов над температурой окружающего воздуха может быть существенным вследствие одновременного воздействия протекающих токов и солнечного излучения. При этом увеличиваются провисание проводов и их активное сопротивление, вызывают увеличение потерь мощности, электроэнергии в дальних электропередачах и сетях. Тем самым заметно ухудшаются экономические показатели режимов работы.

В результате повышенного нагрева могут нарушаться нормируемые по условиям безопасности расстояния от проводов до поверхности земли, а также до естественных препятствий и инженерных сооружений, пересекаемых линиями. Поэтому нагрев проводов рассматривается как фактор, ограничивающий передаваемую мощность или токовую нагрузку проводов.

Поскольку трасса ВЛ не прямая, а скорость и направление ветра непостоянны, определить участок ВЛ с наихудшими условиями теплоотдачи не представляется возможным. Если при расчётном определении температуры провода и допустимого значения тока неконтролируемые параметры внешней среды следует принимать по их наиболее тяжёлым значениям[1,2], это приводит к существенному недоиспользованию пропускной способности ВЛ.

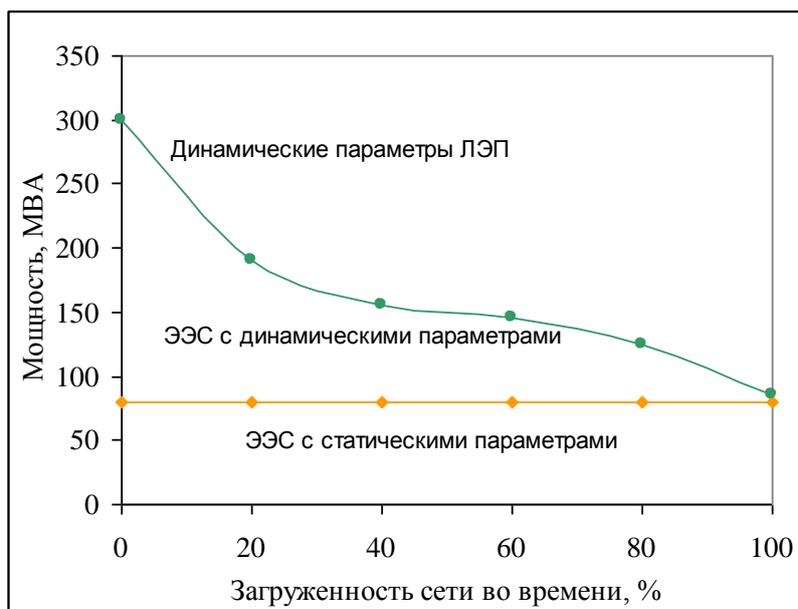


Рис.1. Повышение эффективности передачи мощности по ЛЭП

Система мониторинга состоит из сети измерительных блоков, связанных через канал связи с оборудованием на диспетчерском пункте. Измерительные блоки распределены вдоль трассы ЛЭП и монтируются на опорах либо непосредственно на высоковольтных проводах. В диспетчерских пунктах, как правило, используются системы SCADA, обеспечивающие обработку и интерпретацию полученных от измерительных блоков данных. В зависимости от функционального назначения в системах мониторинга могут использоваться различные типы датчиков: для измерения тока в проводе; температуры провода в пролете; механического напряжения провода в точках подвеса; для измерения затухания фазного провода; для измерения критических стрел провеса; климатических условий; вибрационных характеристик проводов. Для измерения тока используются датчики на основе эффекта Холла или катушки Роговского.



Рис 2. Система мониторинга провода ЛЭП

Бесконтактные измерители тока и температуры провода. В настоящее время получила широкое распространение и другая концепция реализации измерительного модуля для систем мониторинга ОТЛМ (Over head Transmission Line Monitoring), т. е. мониторинг пропускной способности ВЛ.

Лазерная картография ЛЭП. Достигнутые в последние годы технологические успехи позволяют использовать принципиально новые подходы для топографического мониторинга ЛЭП. С помощью лазерного аэрокартографического сканирования в настоящий момент можно получать точные карты расположения всех объектов ЛЭП, в том числе опор и проводов с привязкой к 3D-рельефу местности. При лазерном сканировании вдоль трассы ЛЭП можно параллельно проводить тепловизионную съемку. Классическими примерами являются обнаружение дефектов изоляции и измерение температуры проводов при съемке ЛЭП и термоконтроль состояния тепловых коммуникаций и ограждающих конструкций зданий на предмет сверхнормативных потерь энергии.

Нагрузки растут довольно высокими темпами, а сетевое строительство пока явно отстает. Максимальное использование пропускной способности воздушных линий может быть достигнуто при наличии достоверной информации о состоянии линии, а также актуальных данных о температуре проводов и плотности протекающего тока.

Одним из направлений повышения точности расчета переменных потерь электроэнергии в воздушных линиях электропередачи является определение активных сопротивлений проводов с учетом протекающего по линиям рабочего тока, температуры окружающего воздуха, скорости ветра и тепла солнечного излучения.

В Аз НИ и ПИ ИЭ разработан алгоритм реализованный в виде программы моделирования температуры провода с учетом тока нагрузки ВЛ и влияния атмосферных факторов[3-8]. Программы расчета позволяют моделирование влияния тока нагрузки и атмосферных факторов на температуру провода:

1. Влияние температуры на сопротивление провода.
2. Влияние тока нагрузки.
3. Влияние скорости ветра.
4. Влияние интенсивности солнечной радиации.
5. Моделирования изменения температуры провода от времени при скачкообразном изменении (забросе и отбросе) нагрузки.

Таким образом, определить пропускную способность ВЛ и в зависимости от текущей температуры ВЛ с учетом тока и влияние атмосферных факторов.

Определение допустимой температуры провода. В настоящее время длительно допустимая температура провода для нормального режима принята равной 70°C . Зависимость температуры провода от скорости ветра и тока провода АС150 при $t_{\text{в}}=20^{\circ}\text{C}$ и $t_{\text{рад}}=0^{\circ}\text{C}$ показана на рис.3.

Для провода АС 330/39 погрешности расчета сопротивлений линий электропередачи могут быть достаточно большими и составлять от минус 8 до 24% и более.

Выполнено моделирование температуры провода ВЛ с учетом тока, температуры воздуха и скорости ветра. Результаты моделирования температуры провода АС-185 от тока нагрузки при температуре воздуха $t_{\text{воз}}=20^{\circ}\text{C}$, $t_{\text{рад}}=0^{\circ}\text{C}$ от скорости ветра V м/с и тока нагрузки в проводе приведены в [3-5].

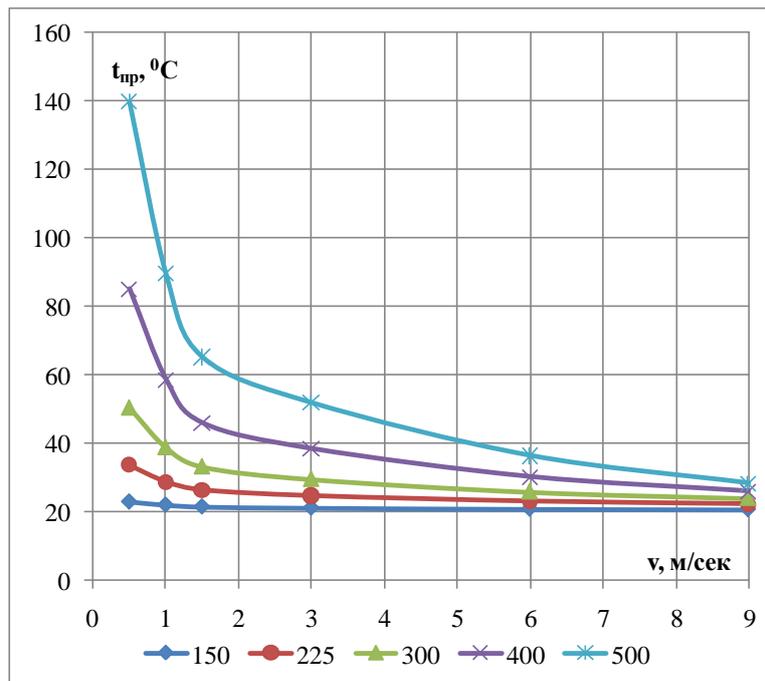


Рис. 3. Зависимость температуры провода от скорости ветра и тока провода

Возможность повышения токовой нагрузки ВЛ 110 кВ при допустимой температуре провода 80°C , с учетом солнечной радиации $t_{\text{рад}}=18.5^{\circ}\text{C}$ в зависимости от температуры воздуха показана на рис.4. Результаты расчета получены по разработанной программе влияние температуры окружающей среды, тока нагрузки, скорости ветра интенсивности солнечной радиации на сопротивление провода. Экранная форма программы моделирования температуры, сопротивления провода приведен на рис.5.

К числу важных элементов указанных информационных ресурсов следует отнести данные о минимальных габаритах проводов до земли и пересекаемых объектов. Использование методов математического моделирования позволяет выявить нагрузки и температуры нагрева проводов, при которых возникает опасность нарушения минимально

допустимых габаритов. На основе подобного анализа выявляются те критические участки ВЛ, которые ограничивают повышение пропускной способности.

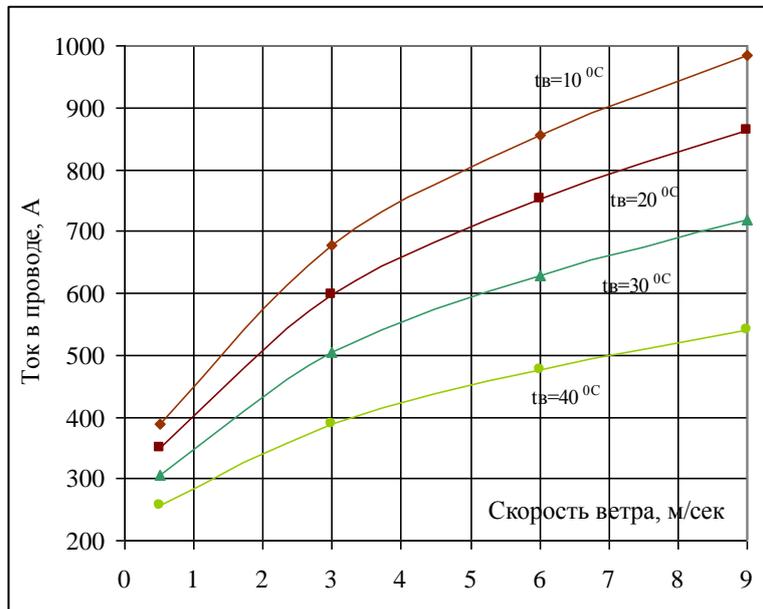


Рис. 4. Зависимость допустимой токовой нагрузки провода АС-185 от скорости ветра

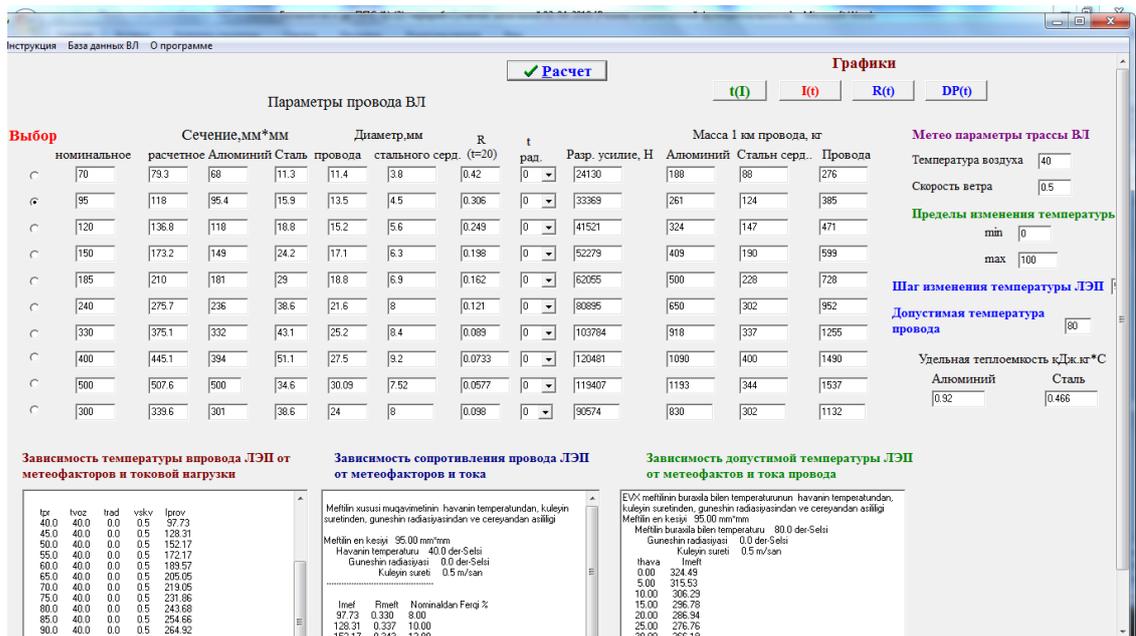


Рис.5 Экранная форма программы моделирования температуры провода

График зависимости допустимого тока провода АС 240/39 при температуре воздуха - 40°C , 0°C и 40°C и скорости ветра $v = 0,5$ м/с приведен на рис. 6.

Время нарастания температуры провода. Температурная характеристика переходного процесса может быть рассчитана в соответствии с методом описанным в [7]. Для нагрева провода от температуры провода от t_1 с током I_1 до t_2 с током I_2 требуется время определяемое минутами. Постоянная времени рассчитывается по формуле

$$\tau = \frac{(t_2 - t_1) \cdot mC_{np}}{R_t \cdot (t_2 - t_1) \cdot (I_2^2 - I_1^2)}$$

Характер нарастания температуры провода до установившейся температуры определяется переходным процессом по формуле $t_{np}(t) = t_1 + (t_2 - t_1) \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$

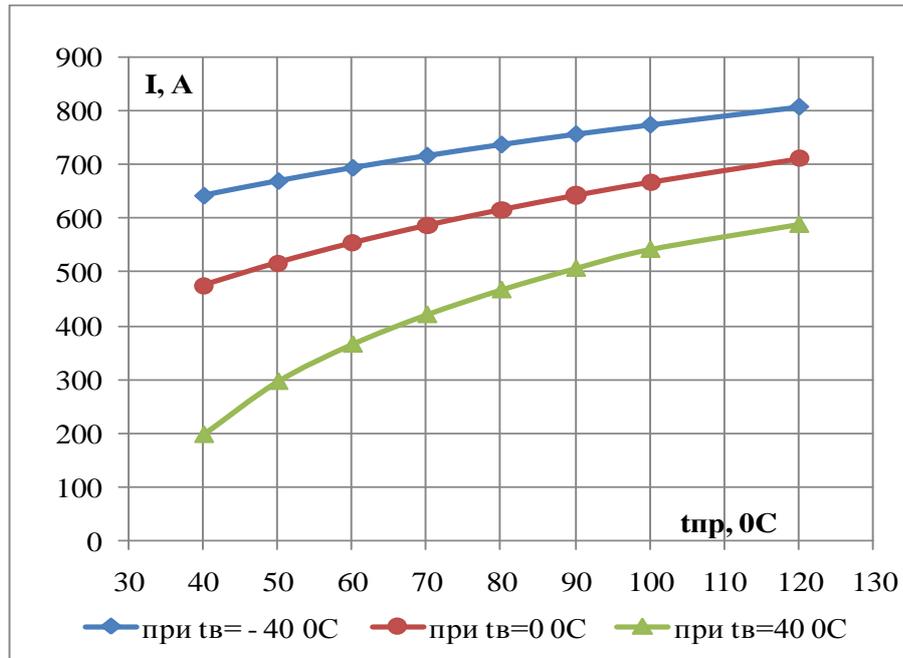


Рис. 6. Графики допустимого тока провода АС 240/39

Экранные формы программы моделирования температуры провода на рис 6 и 7.

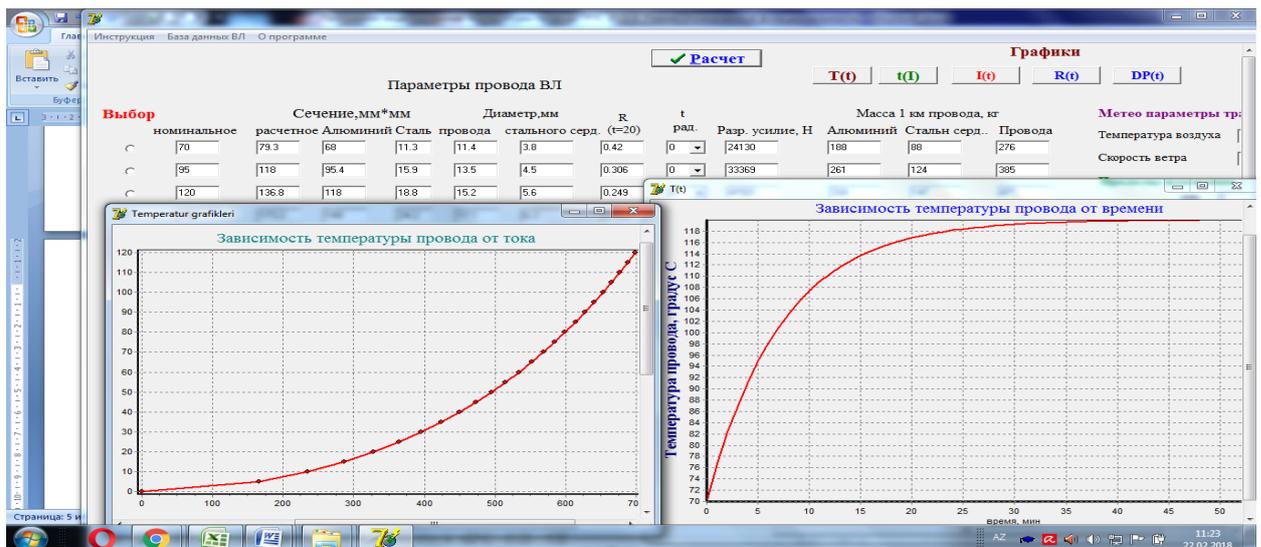


Рис. 7. Зависимость температуры провода от тока и нарастания температуры провода при включении ВЛ под нагрузки

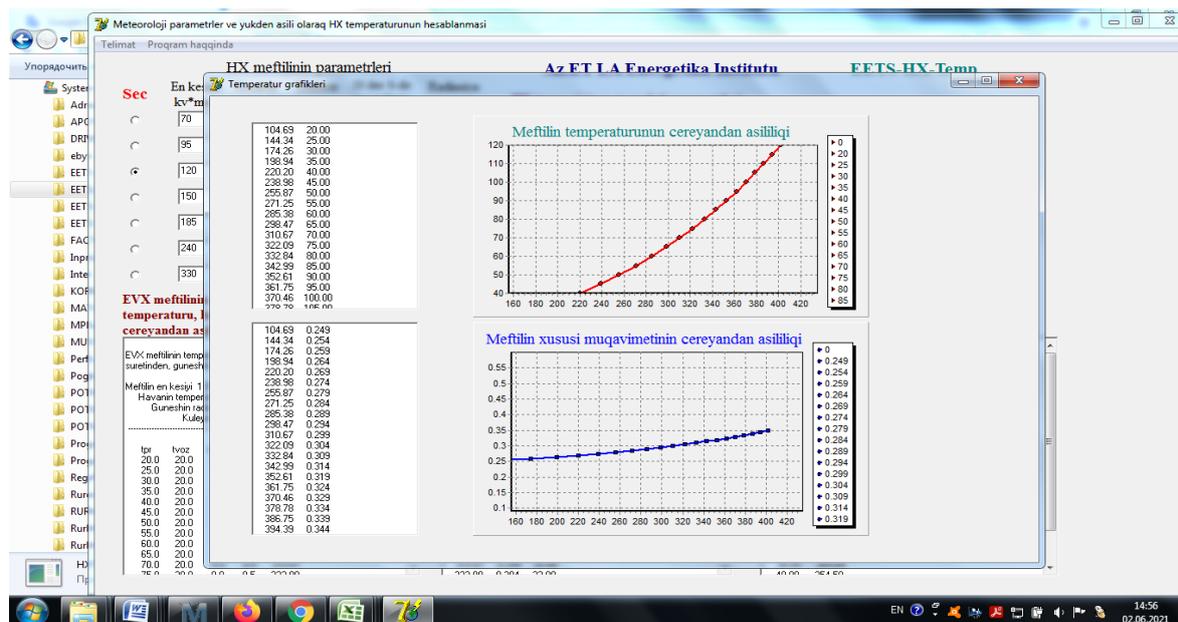


Рис. 8. Зависимость температуры провода и сопротивления от тока

Выводы.

1. В современных условиях эксплуатации электрических сетей важное значение имеет программное обеспечение для мониторинга температуры провода с учетом погодных условий, реализовать возможность повышения пропускной способности линии и выполнение мероприятий по разгрузке для предотвращения перегрузки линий.
2. Разработаны алгоритм и программа расчета удельного активного сопротивления приводов ВЛ с учетом температуры воздуха, рабочего тока, скорости ветра и солнечной радиации. Проведена количественная оценка влияния тока нагрузки, температуры окружающей среды, солнечной радиации и скорости ветра на активное сопротивление проводов воздушных линий.
3. При расчете потерь электроэнергии для проводов без учета температурной зависимости сопротивления относительные погрешности могут достигать 26 % и более, что не допустимо.
4. Мониторинг технического состояния ВЛ, тока и температуры проводов и солнечной радиации, скорости ветра позволяет повышать пропускную способность ВЛ.
5. Современные технологии повышения эффективности использования ВЛ на основе мониторинга их состояния позволяют повысить эффективность и надежность передачи ЭЭ.
6. Установлено, что пропускная способность воздушной линии при учета режима, атмосферных факторов и солнечного излучения может быть увеличена более чем на 20 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Механошин Б.И., Шкапцов В.А., Васильев Ю.А. Повышение эффективности использования существующих ВЛ на основе анализа их технического состояния и данных мониторинга температуры проводов. - Электро, 2007, № 6.
2. Баламетов Э.А. Новые технологии управления воздушными линиями электропередачи. Проблемы энергетики 2016, №4, с-35-41.
3. Balametov Ə.B., İslamov İ.Z., Ağaxanova K.A. Elektrik enerjisi itkilərinin qiymətləndirilməsi üçün CİGRE və İEEE standartlarının tətbiqi // Sumqayıt Dövlət Universiteti. Elmi xəbərlər. Təbiət və texniki elmlər bölməsi. Sumqayıt: SDU, C.18, №4, s. 89-94;
<https://www.ssu-scientificnews.edu.az/pdf/T18-4.pdf>
4. Balametov Ə.B., Bayramov M.P., Ağaxanova K.A. Elektrik verilişi xətti məftilinin buraxıla bilən yükünün hesabı metodikası // Sumqayıt Dövlət Universiteti. Elmi xəbərlər. Təbiət və texniki elmlər bölməsi. c. 18, №1. Sumqayıt: SDU, 2018, s. 80-86;

<https://www.ssu-scientificnews.edu.az/pdf/T18-1.pdf>

5. Баламетов А.Б., Халилов Э.Д., Байрамов М.П., Агаханова К.А. Оперативное моделирование температуры провода для максимального использования пропускной способности воздушных линий // Журнал «Оперативное управление в электроэнергетике: подготовка персонала и поддержание его квалификации». №1 (76). М., 2019, с.16-24
6. Баламетов А.Б., Байрамов М. П. Моделирование температуры провода для расчета потерь электроэнергии воздушных линий // Проблемы энергетики № 2, 2013, с. 4-12
7. Баламетов А.Б., Халилов Э.Д., Байрамов М.П., Агаханова К.А. Программа моделирования температуры провода и потерь мощности на основе учета режимных и атмосферных факторов // Международный научно-практический журнал. Программные продукты и системы. т. 31, № 2. 2018, с. 396-402
8. Агаханова, К. А. Анализ параметров воздушной линии с учетом атмосферных факторов и солнечного излучения по участкам трассы // Сумгаитский государственный университет. Научные известия. Серия: естественные и технические науки. т. 21. № 2. Сумгаит: СГУ, 2021, с. 89-96; <https://elibrary.ru/item.asp?id=46287069>

XÜLASƏ
HAVA XƏTTİNİN YÜK BURAXMA QABİLİYYƏTİNİN NAQİLLƏRİN
TEMPERATURUNA ƏSASƏN MONİTORİNQİ
Ağaxanova K.A.

Açar sözlər: elektrik veriliş xətti, havanın temperaturu, günəş şüalanmasının intensivliyi, atmosferin şəffaflığı, orta temperatur, müqavimət, güc itkisi, yük buraxma qabiliyyəti

Elektrik verilişi xətti boyunca mövcud hava şəraitini bilmək elektrik enerjisində fasilələrin azaldılmasına imkan yaradır. Bunun üçün hava şəraiti haqqında məlumat almaq üçün sensorlar və nəzarət sistemləri elektrik verilişi xətləri boyunca yerləşdirilməlidir. İstehlakçılara etibarlı və fasiləsiz enerji təchizatı yalnız elektrik xətləri boyunca hava şəraitini izləmək üçün təsirli tədbirlərin tətbiqi ilə mümkündür. Günəş radiyasını nəzərə alıb, dəniz səviyyəsindən yüksəkliyə və radiasiya intensivliyinə görə ekvivalent hissələrə bölünərək məftilin istiliyi və elektrik ötürücü xətlərinin parametrlərinin modelləşdirilməsi üçün alqoritm təklif olunur. Məftilin temperaturunun modelləşdirilməsi proqramının blok sxemi təqdim olunur. Günəş radiyasının real vəziyyətinin, hava şəraitinin və onların parametrlərinə təsirini, dəniz səviyyəsindən hündürlüyü, günəş radiyasının istiliyi, küləyin sürəti və istiqamətini nəzərə almaq üçün elektrik veriliş xətti hissələrə bölünür. İşlənmiş proqramların ekran formaları təqdim olunur. Hesablamaların nəticələri nümunələrlə nümayiş etdirilir.

SUMMARY
THE TRANSMISSION LINE CAPACITY MONITORING BASED
ON WIRING TEMPERATURE
Aghakhanova K.A.

Key words: power transmission line, air temperature, solar radiation intensity, atmospheric transparency, average temperature, resistance, power losses, line capacity

Knowing the current weather situation along the power line can help reduce power outages. Sensors and monitoring systems for weather conditions should be located along the power lines. Reliable and uninterrupted power supply to consumers is possible only with the introduction of effective measures to monitor weather conditions along power lines. An algorithm is proposed for modeling the temperature of the wire and the parameters of power transmission lines, taking into account solar radiation by dividing into equivalent sections by height above sea level and radiation intensity. The block diagram of the wire temperature simulation program is presented. To take into account the effect of the real state of solar radiation, weather conditions and their influence on its parameters, the intensity of solar radiation heat and its direction, wind speed and direction the power transmission line is divided into sections by height above sea level. Screen forms of the developed programs are presented. The calculation results are demonstrated by examples.

Daxilolma tarixi:	İlkin variant	14.07.2021
	Son variant	10.09.2021